

УДК621.313.1

## ЗАЩИТА СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Никифорова Д.Р., Писарь А.С.

Научный руководитель – м.т.н., ассистент Капустинский А.Ю.

Синхронные генераторы – важное и ответственное звено в любой энергосистеме. Поэтому к релейной защите генераторов предъявляются повышенные требования. Рассмотрим основные повреждения синхронных генераторов.

**Повреждения в обмотке статора** являются наиболее опасными. К ним относятся:

- Многофазное короткое замыкание, сопровождающееся горением дуги.
- Однофазное замыкание на землю (на корпус), приводящее к возникновению дуги между проводниками обмотки и корпусом.
- Двойное замыкание на землю.
- Замыкание между витками одной фазы (для синхронных генераторов с выведенными параллельными ветвями), сопровождающееся значительным увеличением токов в замкнутых витках, их нагреву и порче изоляции.

Повреждения в обмотке ротора (обмотке возбуждения):

- Замыкание на землю в одной точке обмотки ротора. Этот вид повреждения серьезного влияния на работу генератора не оказывает.
- Замыкание в двух точках цепи возбуждения, сопровождающееся протеканием больших токов, которые значительно искажают магнитное поле ротора. Часто приводит к возникновению дуги.

**Ненормальные режимы работы**, сопровождающиеся протеканием сверхтоков и возникновением перенапряжений (представляют серьезную опасность для генератора):

- Перегрузки систематические и аварийные, связанные с отключением части работающих генераторов, нарушением синхронизма, потерей возбуждения. Во всех этих случаях возможен перегрев различных частей генератора. Поэтому длительность работы агрегатов в таких режимах строго регламентируется. Если генератор работает больше установленного срока, то его разгружают или при необходимости отключают.
- Несимметрия токов в фазах. Приводит к перегреву ротора и к механической вибрации агрегата.
- Повышение напряжения на выводах обмотки статора. Часто возникает на генераторах при внезапном сбросе нагрузки. Может привести к пробое изоляции. На турбогенераторах устанавливают быстродействующие регуляторы скорости и поэтому значительного увеличения напряжения не возникает.

**Требования, предъявляемые к релейной защите генераторов:**

- Селективность- защита должна отключать генератор только при тех повреждениях и режимах, которые представляют действительную опасность для генератора.
- Быстродействие– чтобы уменьшить размеры повреждения машины и не допустить нарушения устойчивости параллельной работы генераторов и систем.
- Чувствительность– ко всем видам повреждений в синхронном генераторе, а также к КЗ на смежных элементах для резервирования защит и выключателей этих элементов в случае их бездействия.

#### **Виды защит, применяемых для генераторов:**

Продольная дифференциальная защита основная защита от междуфазных повреждений в обмотке статора внутри генераторов средней и большой мощности. Принцип действия основан на сравнении токов фаз, протекающих через участки между защищаемым аппаратом

Поперечная дифференциальная защита – для защиты от межвитковых КЗ при наличии выведенных параллельных ветвей обмоток и их соединении в звезду. Для защиты генераторов, имеющих две параллельные ветви и более, применяется специальная поперечная дифференциальная защита, которая реагирует на разность токов, проходящих в параллельных ветвях обмотки статора.

Защита от замыканий на землю обмотки статора - Для уменьшения тока замыкания на землю в сети генераторного напряжения, что существенно повышает надежность эксплуатации генераторов и кабельных сетей.

**Токовая защита обратной последовательности.** Несимметрия токов в статоре является опасным режимом для ротора. Поэтому на генераторах применяется токовая РЗ от внешних несимметричных КЗ и от несимметричных режимов, вызванных другими причинами.

Токовая отсечка без выдержки времени – применяется в качестве основной защиты для генераторов с мощностью менее 1 МВт от многофазных КЗ в обмотке статора. Устанавливаются со стороны выводов к сборным шинам.

Максимальная токовая защита (МТЗ) и токовая отсечка применяются, как основные защиты в генераторах небольшой мощности, для быстрого, селективного отключения внутренних коротких замыканий. Возможно использование и направленной токовой защиты. В основном эти защиты используются как резервные защиты генератора при внутренних замыканиях, или при внешних КЗ, когда запаздывание в отключении основных защит генератора приводит к недопустимой перегрузке по току.

Защита от повышения напряжения: устанавливается на всех гидрогенераторах, работающих в блоке с трансформаторами. Напряжение срабатывания защиты устанавливается равным  $(1,5...1,7) \cdot U_{г.ном}$ , выдержка времени 0,5 с. На энергоблоках с турбогенераторами 160 МВт и более также устанавливается защита от повышения напряжения с уставкой срабатывания  $1,2 \cdot U_{г.ном}$ . Защита не имеет выдержки времени и может действовать только при работе генератора на холостом ходу (на гашение поля). При работе

энергоблока на нагрузку она автоматически выводится из действия с помощью токовых реле, размыкающих свои контакты при появлении тока.

Защита ротора от перегрузки током возбуждения Защита ротора от перегрузки предусматривается на турбогенераторах с непосредственным охлаждением обмоток, а также – на гидрогенераторах с косвенным охлаждением обмоток мощностью более 30 МВт. Защита обычно имеет две ступени выдержек времени: с первой она действует на сигнал и развозбуждение генератора, со второй – на отключение генератора от сети и на гашение поля. При этом выдержка времени первой ступени примерно на 20 % меньше выдержки времени второй ступени. Время срабатывания второй ступени составляет на генераторах мощностью до 60 МВт включительно – 40 с, а на генераторах мощностью 100 МВт и более – 20 с. На генераторах мощностью (60...100) МВт с электромашинным возбуждением, а также на турбогенераторах мощностью 160 МВт и более с резервным электромашинным возбуждением используется защита, реагирующая на повышение напряжения в обмотке ротора.. Наиболее полноценную защиту ротора от перегрузки можно осуществить с помощью реле, имеющего характеристику, зависимую от тока ротора. Такая специальная защита типа РЗР-1М [2] устанавливается на турбогенераторах мощностью 160 МВт и более.

#### Литература

- 1) Вольдек А. И. Электрические машины. Л., 1978. — 832 с.
- 2) Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. М., 1980. — 928с.
- 3) Кацман М. М. Электрические машины. М., 1990. — 463 с.
- 4) Кацман М. М. Расчет и конструирование электрических машин. М., 1984. — 359 с.
- 5) Кацман М. М. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу. М., 1983. — 215с.
- 6) Кацман М. М. Электрические машины и электропривод автоматических устройств. М., 1987. — 334 с.
- 7) Копылов И. П. Электрические машины. М., 1986. — 360 с.
- 8) Костенко Г. Н., Пиотровский Л. М. Электрические машины. Л., 1972. 4.1.— 544с.; 1973. Ч. II.— 648 с.